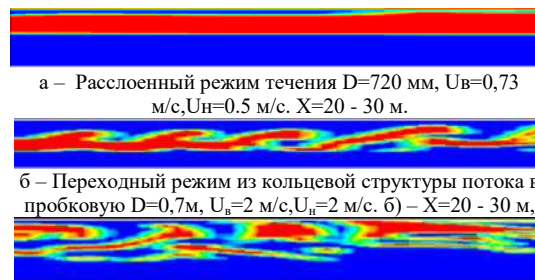


Рис.2 Пробковый режим течения. $D=5,6$ мм. $U_{mix}=0,8$ м/с, $C_w=0,7$ а)-эксперимент, б)- визуализация результатов моделирования



а – Расслоенный режим течения $D=720$ мм, $U_b=0,73$ м/с, $U_n=0,5$ м/с. $X=20-30$ м.
б – Переходный режим из кольцевой структуры потока в пробковую $D=0,7$ м, $U_b=2$ м/с, $U_n=2$ м/с. б) – $X=20-30$ м,
в – Переходный режим течения из кольцевой структуры потока в пробковую $D=0,7$ м, $U_b=2$ м/с, $U_n=2$ м/с. в) – $X=30-40$ м.
Рис.3. Картины течения двухфазного потока «нефть-вода»

Литература

1. Kharlamov S.N. Actual Problems of Hydrodynamics at Internal not Isothermal Flows in Fields of Mass Forces (p.183-232) / Chapter in monograph - Hydrodynamics: theory and model" Intech-Open, Rijeka, Croatia, 2012. – 307p.
2. Kharlamov S.N. Mathematical Modelling of Thermo- and Hydrodynamic Processes in Pipelines (monograph). Rome, Italy: Publ. House "Ionta", 2010. – 263p.
3. Kharlamov S.N., Kim V.Yu. Spatial Vortical Flows in Fields of Action of Centrifugal Mass Forces (monograph). Rome, Italy: Publ. House "Ionta", 2010. –112p.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ РАБОЧИХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ АППАРАТОВ И УСТРОЙСТВ В АТМОСФЕРУ ЗЕМЛИ

Е.П. Васильев, М.О. Ткач

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель работы: формулировка проблем и деталей математического моделирования процессов гетерогенных выбросов продуктов промышленности в атмосферу. Вот уже два десятилетия проблема движения выбросов в атмосфере Земли весьма актуальна для множества исследователей. Причиной этого стали несколько факторов: экологическая обстановка в регионах с развитой нефтеперерабатывающей, химической и металлургической индустрией, а также в мегаполисах.

В ходе данной работы поставлена цель: рассмотреть модели гидродинамики, переноса, фотохимии и химических процессов гетерогенных выбросов промышленных рабочих систем, а также представить численные решения для моделирования гетерогенных выбросов в приземном слое атмосферы Земли.

Эта проблема глобальна и актуальна для стран с развитой промышленностью, так как развитая промышленность значительно влияет на глобальный климат Земли. Сложность поставленной перед людьми задачи обусловлена трудностью предсказания поведения атмосферы Земли, многокомпонентностью и многофазностью выбросов антропогенного характера. Также добавляет сложность реакция газов атмосферного воздуха с антропогенными выбросами. В результате развития информационных технологий сейчас наиболее рациональным и доступным способом моделирования стало численное моделирование динамики системы антропогенных выбросов. [1-3]

Обычно атмосфера Земли воспринимается как динамическая система. Различного рода физико-химические реакции, все время, происходят внутри атмосферы Земли. В зависимости от определенной характеристики определенного района интенсивность этих физико-химических процессов будет меняться. Внутри всего объема атмосферы Земли происходят реакции в газовой фазе, с различной интенсивностью, а на поверхности взвешенных твердых и жидких частиц внутри стратосферы и тропосферы происходят гетерогенные процессы.

Особый интерес вызывает исследование тяжелых выбросов, в связи с тем, что они несут наибольшую опасность для экологии и имеют сложную динамику. В числе тяжелых выбросов можно найти горючие газы и ядовитые соединения. Вредные вещества попадают в атмосферу Земли за счет антропогенных аэрозолей. Поэтому можно сказать, что антропогенные аэрозоли существенно способствуют выпадению кислотных дождей, появлению смога и так далее. Но антропогенные аэрозоли имеют положительную сторону – они могут эффективно выводить антропогенные загрязнения из атмосферы Земли. Размер частиц значительно влияет на химический состав частиц, что приводит к зависимости физики аэрозолей и химии атмосферы Земли от размера частиц. На данный момент наиболее приоритетно исследовать пространственно-временную изменчивость частиц в атмосфере Земли, учитывая их физические и химические свойства.

Из-за того, что Земная поверхность неоднородна и процессы переноса, которые здесь рассматриваются в горизонтальных плоскостях протекающие внутри атмосферы турбулентные, применяются гидротермодинамические модели для решения задач динамики аэрозолей и газовых примесей. [3,4]

Воспользуемся моделями для тензора напряжений Рейнольдса для нахождения коэффициентов турбулентного обмена в горизонтальных плоскостях, а для вертикального ($k - \epsilon$) – моделью. Структуру приземного слоя опишем на основе теории Момина-Обухова [3], а также на основе эмпирических функций

СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Бусингера [7]. Температуру у поверхности Земли определим, применяя уравнение баланса тепла, а также уравнение распределения влаги и тепла.

Ниже представлено уравнение, описывающее состояние концентрации для газовых примесей, являющихся многокомпонентными (детали см. в [3, 4]):

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial c_i}{\partial x_j} = F_i^{gas} - P_i^{nucl} - P_i^{cond} + P_i^{phot} + \frac{\partial}{\partial x_j} K_j \frac{\partial c_i}{\partial x_j} \quad (1)$$

$$\frac{\partial j_k}{\partial t} + (u_j - d_{j2} w_g) \frac{\partial j_k}{\partial x_j} = F_k^{aer} + P_k^{nucl} + P_k^{cond} + P_k^{coag} + \frac{\partial}{\partial x_j} K_j \frac{\partial j_k}{\partial x_j} \quad (2)$$

Первоначальные антропогенные выбросы вместе с веществами, которые образуются при солнечном излучении (химически активные атомы, свободные радикалы и тому подобное), составляют целую систему.

Модель химической кинетики задачи включает сорок четыре газовых компонента (типичные циклы S, N и C) и двести четыре химические реакции между ними. И все это учитывает фотохимическая система моделирования [5, 6].

Химические реакции, происходящие внутри жидких и газовых фаз, возможно представить в виде модели, которую предложили А.Н. Ермаков и другие [2]. Она входит в состав многомерной системы, которая моделирует поведение многофазных сред. Данная система дифференциальных нелинейных уравнений описывает перенос жидких и газовых фаз в однородном пространственном процессе [1-4]:

$$\frac{d[C_g^i]}{dt} = w_{gen,g}^i - w_{loss,g}^i - ([C_g^i]k_i - [C_{aq}^i] \frac{k_i}{K_H K_H \tau}) L \quad (3)$$

$$\frac{d[C_{aq}^i]}{dt} = w_{gen,aq}^i - w_{loss,aq}^i + ([C_g^i]k_i - [C_{aq}^i] \frac{k_i}{K_H K_H \tau}) \frac{1}{N_A} \quad (4)$$

Воспользовавшись методом расщепления [1-4] по процессам физического характера можно выстроить алгоритм, который используется для решения уравнений (1) и (2) дискретного типа.

Алгоритм решения. Задача по переносу примесей из газов и аэрозолей будет решаться на первом этапе. Для ее решения применяется конечно-разностная аппроксимация второго порядка точности. Метод расщепления используется на втором этапе для решения уравнения диффузии при турбулентном режиме. Расщепление задачи по нуклеации, по конденсации, по коагуляции и по фотохимии [4] производится на третьем этапе. С применением методов обыкновенных дифференциальных уравнений решаются фотохимические уравнения по трансформации. Четвертый этап – получение численного ответа с помощью метода частиц из системы кинетических уравнений для конденсации [1, 6]. Пятый этап – решение уравнений для коагуляции, которые являются интегро-дифференциальными, затем получившуюся систему дискредитируют и решают с помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка. А в шестом этапе с помощью метода обыкновенных дифференциальных уравнений решается задача химической совместной трансформации внутри жидкой фазы и газовой фазы [8].

Отдельные результаты. Для воспроизведения по пространству и времени изменчивости структуры аэрозолей, а также газовых примесей, в атмосфере Земли, при различных масштабах, необходимо воспользоваться разработанными моделями и провести по ним численные эксперименты. Для анализа эффективности модели принимались данные региона Байкала и Севера. Ниже приведены данные поля скоростей нуклеации и концентрации серной кислоты [4].

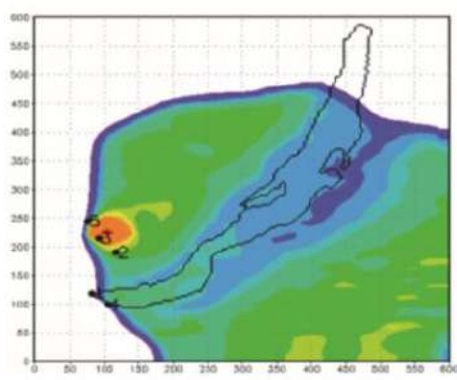


Рис.1 Концентрация в атмосфере серной кислоты в момент 22 часов на высоте 250 метров [4]

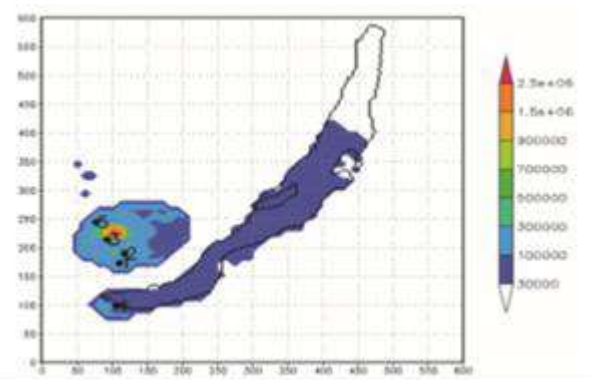


Рис.2 Скорость нуклеации в атмосфере на момент 22 часов на высоте 250 метров [4]

Выводы. В ходе выполнения работы были рассмотрены модели динамики, переноса скаляра, фотохимии и химических процессов гетерогенных выбросов промышленных рабочих систем, а также рассмотрены численные решения и эксперименты для моделирования гетерогенных выбросов в приземном слое атмосферы.

Литература

1. Голубев А.И., Пискунов В.Н., Повышев В.М. Моделирование процессов объемной конденсации // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Теоретическая и практическая физика – 1991. – Вып.2. – С.3 – 9.
2. Ермаков А.Н., Ларин И.К., Угарова А.А., Пурмаль А.П. О катализе ионами железа окисления SO₂ в атмосфере // Кинетика и катализ/. – 2003. – Т.44. – С.524 – 537.

3. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М.: Наука, 1965. – 640 с.
4. Марчук Г.И., Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере и их значение для биосферы // Изв. РАН: Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2009. – Т.1. №1 – С.49-57.
5. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. М.: Наука, 1985. – 224 с.
6. Aloyan A.E., Arutyunyan V.O., and Marchuk G.I. Dynamics of mesoscale boundary atmospheric layer and impurity spreading with the photochemical transformation // Russ. J. Num. Anal. Math. Model. – 1995. Vol.10, No.2. – P. 93 – 114.
7. Businger J.A., Wyngard I.C., Izumi Y., and Bradley E.F. Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer//J. Atm.Sci. – 1971. – Vol.28. – P.181 – 189.
8. Gery M.W., Whitten G.Z., Killus J.P., and Dodge M.C. A photochemical mechanism for urban and regional scale computer modeling // J. Geophys. Res. – 1989. – Vol. 94. – P. 12,925 – 12,956.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ ПРИ ИМПЛОЗИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТ

Д.А. Городилов

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель: анализ аппаратов для ударно-депрессионного воздействия на пласт с целью интенсификации добычи нефти и описания его математической модели.

В отечественной и зарубежной практике освоена масса различных технологий воздействия на скважины с целью повышения их нефтеотдачи. Ежегодно на нефтяных и газовых месторождениях проводятся десятки тысяч таких обработок, которые позволяют поддерживать необходимый уровень добычи. Однако успешность этих операций остается недостаточной по ряду объективных и субъективных обстоятельств, что, в свою очередь, приводит к слабому использованию потенциала одних методов и низкой эффективности других, недооценке сложности и трудоемкости процессов, отсутствию необходимых материалов, оборудования и техники [2].

Все вышеперечисленное вызывает поиск менее энергоемких и более универсальных высокотехнологических методов, которые будут воздействовать на призабойную зону скважин. Одним из таких методов, остающихся на данный момент мало оцененными, является внутрискважинный метод имплозионной обработки призабойной зоны нефтяного пласта, вызывающий интенсификацию отбора добываемого продукта. Основная сущность метода – создание мгновенного гидравлического удара жидкости (заполняющей ствол скважины) на призабойную зону, поровый коллектор, который заполнен скважинным флюидом. Восприняв гидравлически удар, этот флюид получает мгновенный силовой импульс, которые далее передается его скелету порового коллектора. За счет этого в коллекторе возникают трещины. Данный метод воздействия на пласт осуществляется благодаря скважинным аппаратам, называемым гидрогенераторами давления [1].

Гидрогенераторы давления могут создавать не только имплозионное, но и депрессионное влияние на пласт, что, в свою очередь, расширяет их возможности применения и дает им большое преимущество.

Наиболее приемлемым из всех существующих на данный момент устройств имплозионного воздействия является устройство С. И. Севостьянова (Рис. 1), которое нашло широкое промышленное применение для интенсификации добычи нефти. Главными его преимуществами является простота конструкции, его изготовление возможно в условиях любого промысла [3].

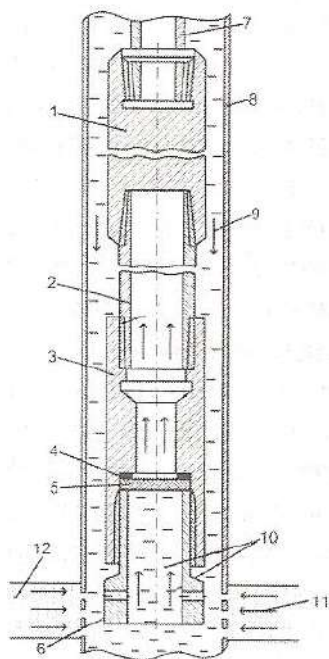


Рис.1 Устройство для обработки скважин методом имплозии [3]:

- 1 – заглушка-переходник; 2 – имплозионная камера; 3 – специальная муфта;
4 – прокладка; 5 – мембрана; 6 – ниппель; 7 – насосно-компрессорные трубы;
8 – эксплуатационная колонна (скважина); 9 – столб продажной жидкости;
10 – восходящий депрессионный поток; 11 – пластовый флюид; 12 – обрабатываемый пласт.